

385/130
~~385/11~~

NEYE/ ★ P81 89-221339/31 ★ DE 3801-272-A
Distributor combiner light guides using polarised light - has common central guide higher refractive index or larger width than incident light guides

NEYER A 19.01.88-DE-801272

V07 (27.07.89) G02b-06/26 G02f-01/19

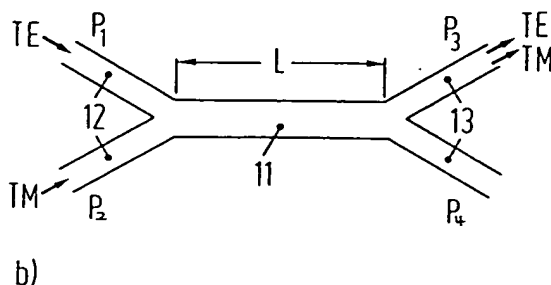
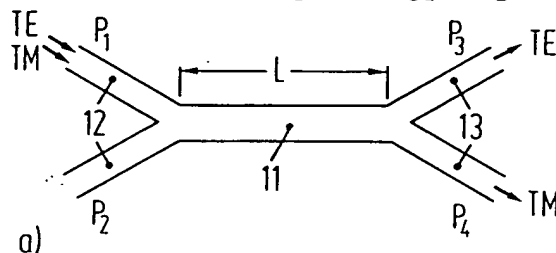
19.01.88 as 801272 (1741MO)

A polarised distributor/combiner for optical light guides consists of a lateral bi-mode strip light guide, having resp. pairs of monomode strip light guides (12,13) connected to its ends. The maximum value of refractive index of the bimode guide may be equal to that of the monomode guides, the bi-modee guide being wider than the monomode guides. All guides may be the same width, the bi-mode guide having a higher refractive index than the monomode guides.

The initial refractive index profile of the bi-mode guide may be subsequently modified in two selected strip regions, the modification being in different directions corresponding to the different angles of poeansation. The refractive index change may be permanent, or may be adjustable by thermo-optic or electro-optic means.

USE - Splitting or combining light of different polarisations to or from a single light guide path, or optical switching of light of a single polarisation angle between different paths. (6pp Dwg.No.1/3)

N89-168837



3M H

①



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 3801272 A1

②1 Aktenzeichen: P 38 01 272.3
②2 Anmeldetag: 19. 1. 88
④3 Offenlegungstag: 27. 7. 89

⑤1 Int. Cl. 4:
G 02 B 6/26
G 02 B 6/12
G 02 F 1/19
// H 04 B 9/00

DE 3801272 A1

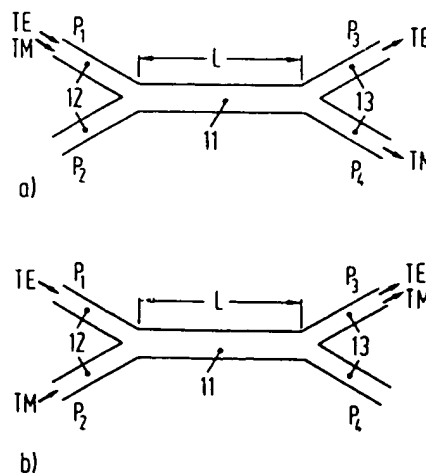
⑦1 Anmelder:
Neyer, Andreas, Dr., 5860 Iserlohn, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Integriert-optische Polarisationsweiche für Monomode-Übertragungssysteme und ihre Verwendung

Um das in einem einmodigen Streifenwellenleiter geführte Licht beliebiger Polarisation in seine zwei orthogonalen linear polarisierten Anteile zu zerlegen und diese in einmodigen Streifenwellenleitern abzuführen, wird eine integriert-optische Polarisationsweiche angegeben. Wie in Fig. 1 dargestellt, besteht sie aus zwei einmodigen Eingangs- und Ausgangswellenleitern, die zu einem zweimodigen Streifenwellenleiter zusammengeführt werden. Aufgrund von Doppelbrechungseffekten wird die Zweimodeninterferenz im zweimodigen Wellenleiter für beide Polarisationsrichtungen in unterschiedlicher Weise beeinflusst, so daß eine Trennung der Polarisationsanteile erreicht werden kann. Auch nach der Herstellung der Wellenleiterstruktur kann das Aufteilungsverhältnis der Polarisationsanteile mit Hilfe zahlreicher Einrichtungen verändert werden. Die optisch einmodige Polarisationsweiche kann z. B. als passiver oder elektrisch abstimmbarer polarisationsselektiver Abzweig oder auch als polarisationsunabhängiger Schalter eingesetzt werden.

Fig. 1



DE 3801272 A1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine integriert-optische Polarisationsweiche für optisch einwellige Glasfaserübertragungssysteme und ihre Verwendung.

In der optischen Übertragungstechnik wie auch im Bereich der optischen Sensortechnik werden in zunehmenden Maße polarisationsselektive Komponenten zusammen mit nicht-polarisationserhaltenden Bauteilen eingesetzt. Ein Beispiel ist der Heterodyn-Überlagerungsempfang, bei dem das Übertragungsmedium i. a. eine nicht-polarisationserhaltende Glasfaser ist. Die Überlagerung des übertragenen Signals mit dem lokalen Oszillator auf der Empfängerseite ist jedoch nur mit polarisationserhaltenden Komponenten möglich. Der für den Überlagerungsempfang notwendige, wohldefinierte lineare Polarisationszustand kann zum einen durch abstimmbare Polarisationssteller immer nachgeregelt werden, zum anderen aber durch den Einsatz von Polarisationsweichen erreicht werden. Die Polarisationsweiche hat die Aufgabe, eine beliebige Eingangspolarisation in zwei orthogonale, linear polarisierte Anteile zu zerlegen. Polarisationsweichen können strahlenoptisch durch polarisierende Strahlteiler realisiert werden. Diese strahlenoptische Lösung ist in Übertragungssystemen wegen des großen Justageaufwands und der Empfindlichkeit gegen mechanische und thermische Störungen jedoch nicht geeignet.

In der Technik der Integrierten Optik, die sich durch Robustheit und kostengünstige Herstellungsverfahren auszeichnet, wurden bislang hauptsächlich zwei Wege beschritten, um solche Polarisationsweichen herzustellen:

— Die erste Möglichkeit beinhaltet die Ausnutzung der polarisationsselektiven Kopplung des Richtkopplers, die durch eine Metallbeschichtung wesentlich vergrößert werden kann (O. Mikami: Appl. Phys. Lett., vol. 36 (1980), Seiten 491—493). Unter bestimmten Bedingungen kann der Richtkoppler mit sogenannten "Delta-beta"-Umkehr-Elektroden auch als elektro-optisch abstimmbare Polarisationsweiche eingesetzt werden (K. Habara: Electron. Lett., vol. 23 (1987), Seiten 614—616).

— Die zweite Möglichkeit nutzt die Polarisationsselektivität von Wellenleiterkreuzungen in doppelbrechenden Materialien aus. (H. Nakajima et al.: IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. QE-18 (1982), Seiten 771—776). In dieser Arbeit wurde die Wellenleiterkreuzung jedoch vielwellig und nicht, wie in der Übertragungstechnik verlangt, einwellig betrieben. Als Funktionsprinzip wurde ein sogenannter "mirror-type-effect" (Spiegel-Effekt) im Überschneidungsbereich der Wellenleiter angegeben. Eine Möglichkeit der elektrooptischen Abstimmung wurde nicht aufgezeigt. In einer weiteren Arbeit (E. Bergmann et al.: Appl. Opt., vol. 23 (1984), Seiten 3000—3003) wurde das Übertragungsverhalten der TE- und TM-Moden in Wellenleiterkreuzungen, die einwellig betrieben wurden, untersucht. Es wurde jedoch weder die Anwendung als passiver noch als elektrooptisch abstimmbarer Polarisationssteiler diskutiert.

Die Richtkopplerlösungen beinhalten den Nachteil, daß die Funktionsweise auch bei elektrooptischer Abstimmbarkeit nur innerhalb gewisser Grenzen für das Verhältnis von tatsächlicher Länge des Koppelbereichs

zur Überkoppellänge L_c des Lichtes gewährleistet ist. Daher ist die Herstellung von Richtkopplerbauelementen nur mit einer aufwendigen, sehr reproduzierbar arbeitenden Technologie möglich. Außerdem führt die im ersten Fall angegebene direkte Metallbeschichtung des Wellenleiters zu Zusatzverlusten. Die Arbeiten über Polarisationsweichen mit Wellenleiterkreuzungen besitzen den Mangel, daß sie rein passiv arbeiten, keine Abstimmmöglichkeiten aufzeigen und zum Teil vielwellig betrieben werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine integriert-optische Polarisationsweiche anzugeben, die elektrisch abstimmbar ist, in Monomode-Systeme einzusetzen ist und die beim Stand der Technik angeführten Nachteile nicht besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die integriert-optische Polarisationsweiche aus einem lateral zweimodigen Streifenwellenleiter besteht, an den auf jeder Seite jeweils zwei Monomode-Streifenwellenleiter angeschlossen werden.

Die Struktur der erfindungsgemäßen Polarisationsweiche ist in Fig. 1 dargestellt. Kernstück dieses Bauelementes ist der lateral zweimodige Streifenwellenleiter 11, dessen polarisationsabhängige Zwei-Moden-Interferenz (ZMI) zur Polarisationsselektion ausgenutzt wird. Die nahezu verlustlose Ankopplung der Monomode-Streifenwellenleiter 12 und 13 an den zweimodigen Streifenwellenleiter erfolgt mit Hilfe getaperter Richtkoppler, deren Wirkungsweise z. B. in der Arbeit: A. Neyer: Electron. Lett., vol. 19, (1983), Seiten 553—554 beschrieben ist.

Das Funktionsprinzip der hier angegebenen Polarisationsweiche beruht auf einer unterschiedlichen Differenz der Phasenkonstanten der Grundwelle (β_0) und des ersten lateralen Modus (β_1) des zweimodigen Streifenwellenleiters 11 für die TE- und TM-Wellen, d. h.

$$\Delta\beta^{TE} \neq \Delta\beta^{TM} \quad (1)$$

wobei $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_1$ bedeutet. Die Ungleichheit (1) ist in nahezu allen Wellenleitern erfüllt. Sie mit Materialdoppelbrechung, Wellenleiterdoppelbrechung, Spannungsdoppelbrechung, etc. zu begründen.

Das ZMI-Modell liefert für den Fall der Ungleichheit (1) ein unterschiedliches Aufteilungsverhältnis der Lichtleistungen zwischen den beiden Ausgängen 3 und 4 für die beiden orthogonalen Polarisationen:

$$P_3/P_4^{TE} \tan^2 \left[\frac{1}{2} (\Delta\beta^{TE} L + \Phi_0^{TE}) \right] \quad (2)$$

$$P_3/P_4^{TM} \tan^2 \left[\frac{1}{2} (\Delta\beta^{TM} L + \Phi_0^{TM}) \right] \quad (3)$$

wobei L die Länge des zweimodigen Wellenleiters angibt und Φ_0 das Aufteilungsverhältnis für $L = 0$ bestimmt. Aus den Gleichungen (2) und (3) ergeben sich die Bedingungen für einen perfekten Polarisationssteiler

$$\Delta\beta^{TE} L + \Phi_0^{TE} = 2n\pi \quad n = 0, 1, 2 \quad (4)$$

und

$$\Delta\beta^{TM} L + \Phi_0^{TM} = (2m + 1)\pi \quad m = 0, 1, 2 \quad (5)$$

Diese Bedingungen müssen gleichzeitig erfüllt werden, wozu die Parameter $\Delta\beta^{TE}$, $\Delta\beta^{TM}$, L , Φ_0^{TM} und Φ_0^{TE} in geeigneter Weise eingestellt sein müssen. Da die Anpassung dieser fünf Größen allein durch den Herstellungsprozeß eine sehr genaue Kenntnis und Kontrolle der Technologieparameter verlangt, ist eine nachträglich durchführbare Abstimmung sehr wünschenswert. Diese nachträgliche Abstimmung kann sowohl passiv als auch aktiv erfolgen. In beiden Fällen ist das Prinzip die gezielte Veränderung von $\Delta\beta^{TE}$ und $\Delta\beta^{TM}$ in der Weise, daß die Bedingungen (4) und (5) erfüllt werden. Eine besonders wirkungsvolle Veränderung der $\Delta\beta$ -Werte ist dadurch möglich, daß die Ausbreitungskonstante eines Modus, z. B. des Grundmodus, durch eine entsprechende lokale Modifikation der effektiven Brechzahl verändert wird, wohingegen die Ausbreitungskonstante des ersten lateralen Modus nahezu unberührt bleibt. Die lokale Modifikation der effektiven Brechzahl kann zum einen durch geeignete passive Beschichtungen mit z. B. dielektrischen oder metallischen Materialien erfolgen und zum anderen durch materialspezifische Effekte wie z. B. den elektrooptischen oder thermooptischen Effekt aktiv erfolgen.

Die einfache Herstellung des Polarisationssteilers in den unterschiedlichsten Materialien (z. B. Glas, LiNbO_3 , GaAs, InP, etc.) erlaubt die Realisierung zahlreicher neuartiger Ausbildungen der Erfindung, die in den Ansprüchen 1–9 beschrieben sind und in den Ausführungsbeispielen der Erfindung näher erläutert werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben:

Fig. 1 zeigt die integriert-optische Polarisationsweiche mit einem zweimodigen Streifenwellenleiter der Länge L und vier angeschlossenen Monomode-Streifenwellenleitern a) in der Funktion als polarisationsselektiver Abzweig, b) in der Funktion als polarisationsselektive Zusammenführung;

Fig. 2 zeigt zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung, wobei der zweimodige Streifenwellenleiter a) eine größere Breite w_2 bzw. b) eine größere Brechzahländerung Δn_2 als die der Monomode-Wellenleiter aufweist;

Fig. 3 zeigt eine Polarisationsweiche, bei der zur Abstimmung des Aufteilungsverhältnisses zwei streifenförmige Bereiche 31 und 32 hergestellt werden. Diese beiden Bereiche verändern in unterschiedlicher Weise die effektiven Brechzahlen der TE- und TM-Wellen. Diese Bereiche sind so angeordnet, daß die Differenz der effektiven Indizes zwischen der Grundwelle und dem ersten lateralen Modus möglichst groß wird;

Fig. 4a zeigt eine Elektrodenkonfiguration, mit der die angegebene Polarisationsweiche elektrooptisch abgestimmt werden kann. Dabei nutzt das Elektrodenpaar 41 die horizontale und die Dreielektrodenstruktur 42 die vertikale elektrische Feldkomponente aus. Entscheidend ist, daß einer der beiden Elektrodenansätze 41 oder 42 maßgeblich nur eine Polarisationsrichtung beeinflusst. Als Ausführungsbeispiel sei eine Polarisationsweiche in Z-Schnitt LiNbO_3 mit Lichtausbreitung in X-Richtung genannt, bei der über das Elektrodenpaar 41 mit Hilfe des elektrooptischen Koeffizienten r_{22} nahezu ausschließlich die TE-Mode beeinflusst wird, während die Elektrodenstruktur 42 über die Koeffizienten r_{33} und r_{13} auf beide Polarisationsanteile wirkt. Die elektrooptische Abstimmung wird in der Weise durchgeführt, daß mit der Struktur 42 das TM-Licht in einen Ausgangsarm und nachfolgend das TE-Licht mit Hilfe der Struktur 41 in den komplementären Ausgangsarm

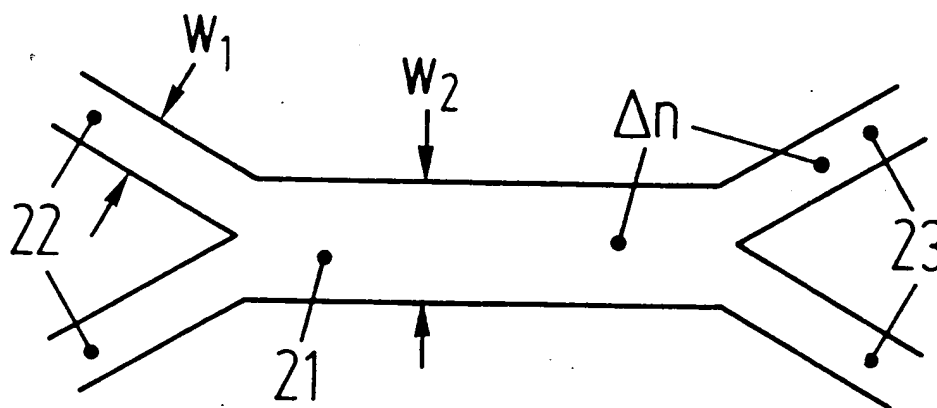
gelenkt wird;

Fig. 4b zeigt die Anwendung der elektrooptisch abstimmbaren Polarisationsweiche als polarisationsunabhängigen Schalter. Für diese Anwendung wird mit Hilfe der beiden Elektrodenansätze 41 und 42 das Licht beider Polarisationen in einen gemeinsamen Ausgangsarm gelenkt. Das Umschalten erfolgt durch die Veränderung der Spannungen U_1 und U_2 an den beiden Elektrodenansätzen in der Weise, daß beide Polarisationsanteile gemeinsam in den komplementären Ausgangsarm geführt werden.

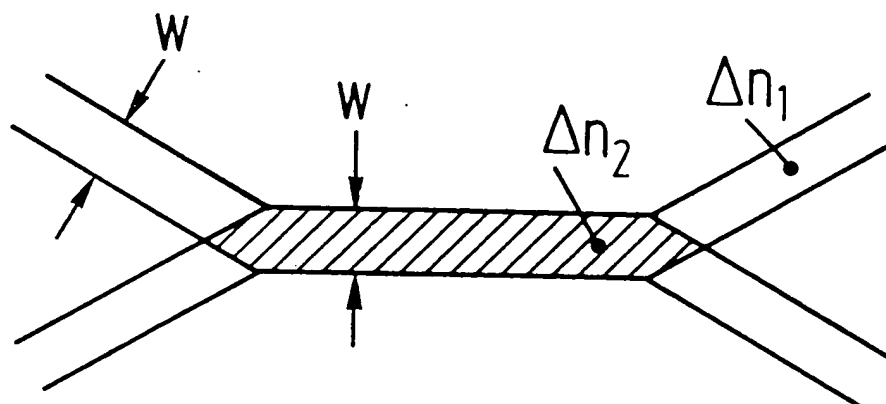
Patentansprüche

1. Polarisationsweiche, gekennzeichnet durch einen lateral zweimodigen Streifenwellenleiter, an den auf jeder Seite zwei Monomode-Streifenwellenleiter angeschlossen sind.
2. Polarisationsweiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweimodige Streifenwellenleiter nahezu die gleiche maximale Brechzahlhöhung wie die der Monomode-Streifenwellenleiter aufweist, jedoch eine größere Breite als diese besitzt.
3. Polarisationsweiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweimodige Streifenwellenleiter nahezu die gleiche Breite wie die der Monomode-Streifenwellenleiter aufweist, jedoch eine größere Brechzahlhöhung als diese besitzt.
4. Polarisationsweiche nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß das hergestellte Brechzahlprofil nachträglich im Bereich des zweimodigen Streifenwellenleiters in zwei Abschnitten streifenförmig verändert wird, wobei die in den beiden Abschnitten hervorgerufenen Brechzahlprofiländerungen in unterschiedlicher Weise auf die beiden Polarisationsrichtungen wirken.
5. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das geänderte Brechzahlprofil permanent ist.
6. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Einrichtungen, die die streifenförmigen Brechzahländerungen thermooptisch erzeugen.
7. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Einrichtungen, die die streifenförmigen Brechzahländerungen elektrooptisch erzeugen.
8. Verwendung der Polarisationsweiche nach einem der Ansprüche 2–7 als polarisationsselektiver Abzweig oder als polarisationsselektive Zusammenführung oder als schaltbarer polarisationsselektiver Abzweig oder als polarisationsselektiver Umschalter.
9. Verwendung der Polarisationsweiche nach einem der Ansprüche 6 und 7 als polarisationsunabhängiger Schalter, wobei das Licht beider Polarisationsrichtungen in einen gemeinsamen Ausgangsarm gelenkt wird und zwischen den beiden Ausgangsarmen umgeschaltet werden kann.

Fig. 2



a)



b)

3801272

Fig. 3

11*

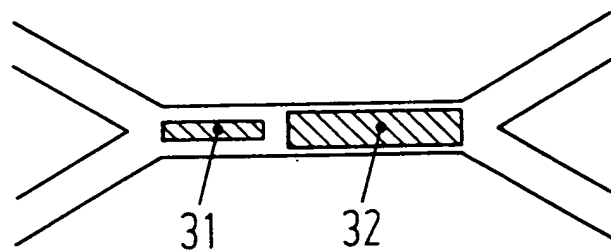
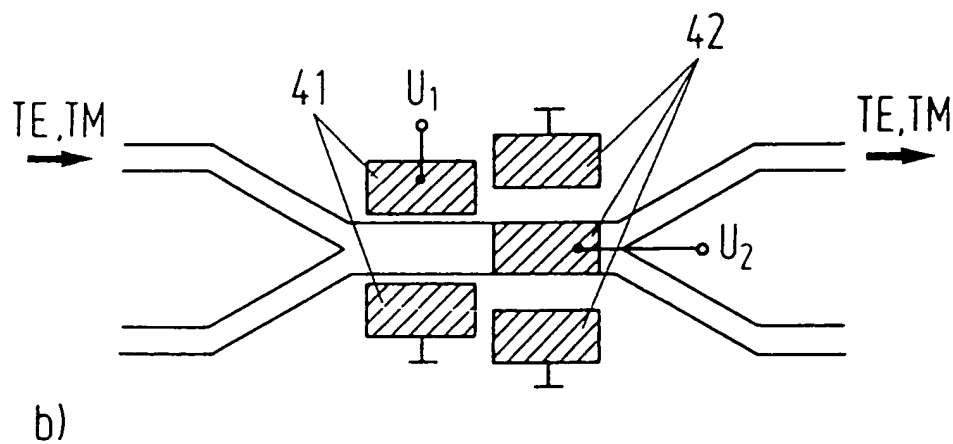
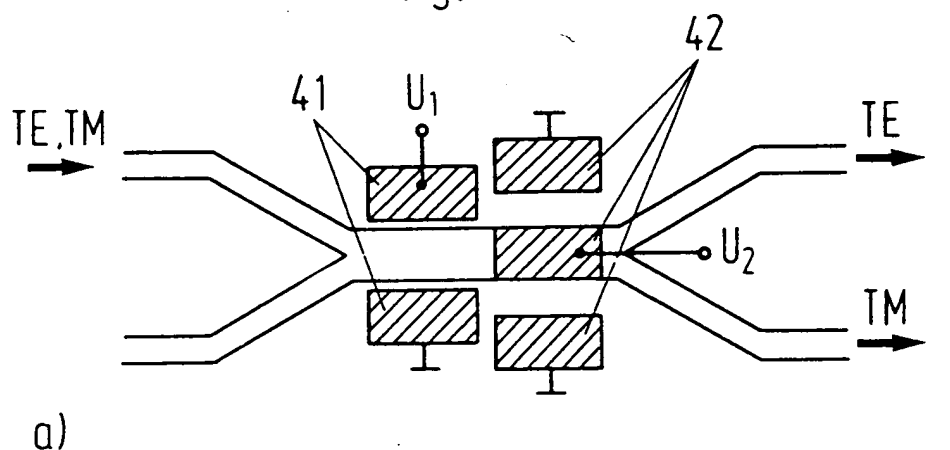


Fig. 4



3801272

Nummer:

38 01 272

Int. Cl.4:

G 02 B 6/26

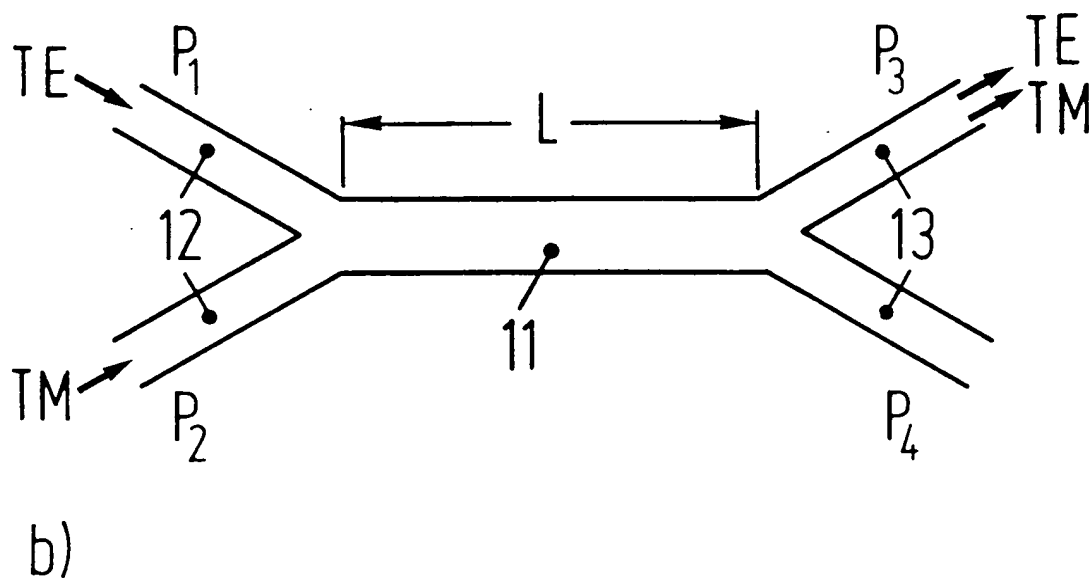
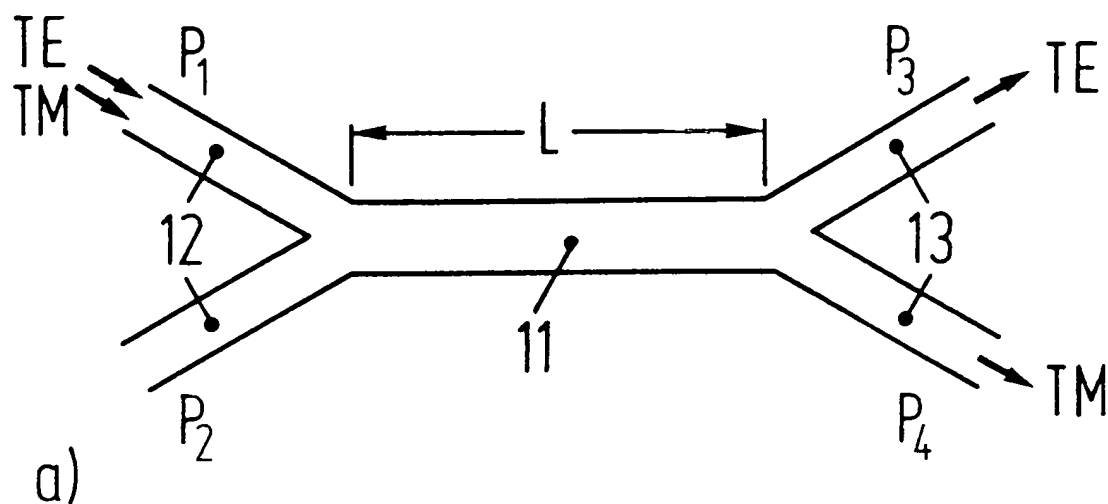
Anmeldetag:

19. Januar 1988

Offenlegungstag:

27. Juli 1989

Fig. 1



385/130
~~385/11~~

NEYE/ ★ P81 89-221339/31 ★ DE 3801-272-A
Distributor combiner light guides using polarised light - has common central guide higher refractive index or larger width than incident light guides

NEYER A 19.01.88-DE-801272

V07 (27.07.89) G02b-06/26 G02f-01/19

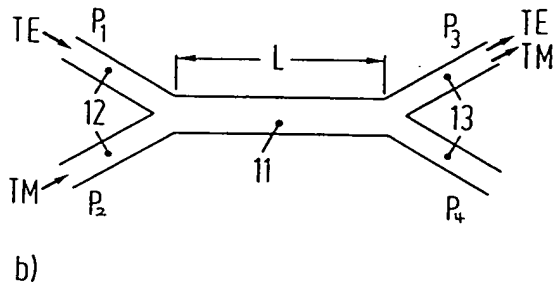
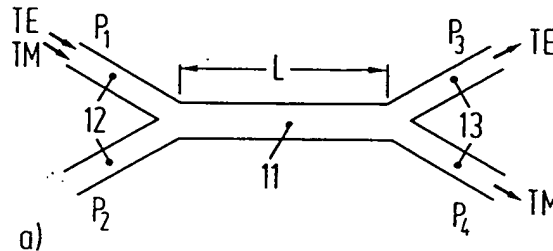
19.01.88 as 801272 (1741MO)

A polarised distributor/combiner for optical light guides consists of a lateral bi-mode strip light guide, having resp. pairs of monomode strip light guides (12,13) connected to its ends. The maximum value of refractive index of the bimode guide may be equal to that of the monomode guides, the bi-mode guide being wider than the monomode guides. All guides may be the same width, the bi-mode guide having a higher refractive index than the monomode guides.

The initial refractive index profile of the bi-mode guide may be subsequently modified in two selected strip regions, the modification being in different directions corresponding to the different angles of polarisation. The refractive index change may be permanent, or may be adjustable by thermo-optic or electro-optic means.

USE - Splitting or combining light of different polarisations to or from a single light guide path, or optical switching of light of a single polarisation angle between different paths. (6pp Dwg.No.1/3)

N89-168837



3M H

①



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①1 DE 3801272 A1

②1 Aktenzeichen: P 38 01 272.3
②2 Anmeldetag: 19. 1. 88
②3 Offenlegungstag: 27. 7. 89

⑤1 Int. Cl. 4:
G 02 B 6/26
G 02 B 6/12
G 02 F 1/19
// H 04B 9/00

DE 3801272 A1

⑦1 Anmelder:
Neyer, Andreas, Dr., 5860 Iserlohn, DE

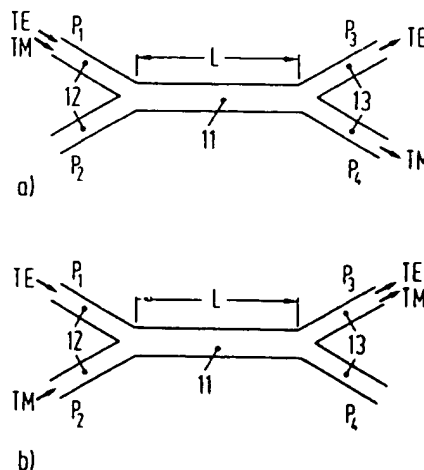
⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Integriert-optische Polarisationsweiche für Monomode-Übertragungssysteme und ihre Verwendung

Um das in einem einmodigen Streifenwellenleiter geführte Licht beliebiger Polarisation in seine zwei orthogonalen linear polarisierten Anteile zu zerlegen und diese in einmodigen Streifenwellenleitern abzuführen, wird eine integriert-optische Polarisationsweiche angegeben. Wie in Fig. 1 dargestellt, besteht sie aus zwei einmodigen Eingangs- und Ausgangswellenleitern, die zu einem zweimodigen Streifenwellenleiter zusammengeführt werden. Aufgrund von Doppelbrechungseffekten wird die Zweimodeninterferenz im zweimodigen Wellenleiter für beide Polarisationsrichtungen in unterschiedlicher Weise beeinflusst, so daß eine Trennung der Polarisationsanteile erreicht werden kann. Auch nach der Herstellung der Wellenleiterstruktur kann das Aufteilungsverhältnis der Polarisationsanteile mit Hilfe zahlreicher Einrichtungen verändert werden.

Die optisch einmodige Polarisationsweiche kann z. B. als passiver oder elektrisch abstimmbarer polarisationselektiver Abzweig oder auch als polarisationsunabhängiger Schalter eingesetzt werden.

Fig. 1



DE 3801272 A1

Die Erfindung betrifft eine integriert-optische Polarisationsweiche für optisch einwellige Glasfaserübertragungssysteme und ihre Verwendung.

In der optischen Übertragungstechnik wie auch im Bereich der optischen Sensortechnik werden in zunehmenden Maße polarisationsselektive Komponenten zusammen mit nicht-polarisationserhaltenden Bauteilen eingesetzt. Ein Beispiel ist der Heterodyn-Überlagerungsempfang, bei dem das Übertragungsmedium i. a. eine nicht-polarisationserhaltende Glasfaser ist. Die Überlagerung des übertragenen Signals mit dem lokalen Oszillator auf der Empfängerseite ist jedoch nur mit polarisationserhaltenden Komponenten möglich. Der für den Überlagerungsempfang notwendige, wohldefinierte lineare Polarisationszustand kann zum einen durch abstimmbare Polarisationssteller immer nachgeregelt werden, zum anderen aber durch den Einsatz von Polarisationsweichen erreicht werden. Die Polarisationsweiche hat die Aufgabe, eine beliebige Eingangspolarisation in zwei orthogonale, linear polarisierte Anteile zu zerlegen. Polarisationsweichen können strahlenoptisch durch polarisierende Strahlteiler realisiert werden. Diese strahlenoptische Lösung ist in Übertragungssystemen wegen des großen Justageaufwands und der Empfindlichkeit gegen mechanische und thermische Störungen jedoch nicht geeignet.

In der Technik der Integrierten Optik, die sich durch Robustheit und kostengünstige Herstellungsverfahren auszeichnet, wurden bislang hauptsächlich zwei Wege beschritten, um solche Polarisationsweichen herzustellen:

— Die erste Möglichkeit beinhaltet die Ausnutzung der polarisationsselektiven Kopplung des Richtkopplers, die durch eine Metallbeschichtung wesentlich vergrößert werden kann (O. Mikami: Appl. Phys. Lett., vol. 36 (1980), Seiten 491—493). Unter bestimmten Bedingungen kann der Richtkoppler mit sogenannten "Delta-beta"-Umkehr-Elektroden auch als elektro-optisch abstimmbare Polarisationsweiche eingesetzt werden (K. Habara: Electron. Lett., vol. 23 (1987), Seiten 614—616).

— Die zweite Möglichkeit nutzt die Polarisationsselektivität von Wellenleiterkreuzungen in doppelbrechenden Materialien aus. (H. Nakajima et al.: IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. QE-18 (1982), Seiten 771—776). In dieser Arbeit wurde die Wellenleiterkreuzung jedoch vielwellig und nicht, wie in der Übertragungstechnik verlangt, einwellig betrieben. Als Funktionsprinzip wurde ein sogenannter "mirror-type-effect" (Spiegel-Effekt) im Überschneidungsbereich der Wellenleiter angegeben. Eine Möglichkeit der elektrooptischen Abstimmung wurde nicht aufgezeigt. In einer weiteren Arbeit (E. Bergmann et al.: Appl. Opt., vol. 23 (1984), Seiten 3000—3003) wurde das Übertragungsverhalten der TE- und TM-Moden in Wellenleiterkreuzungen, die einwellig betrieben wurden, untersucht. Es wurde jedoch weder die Anwendung als passiver noch als elektrooptisch abstimmbarer Polarisationssteiler diskutiert.

Die Richtkopplerlösungen beinhalten den Nachteil, daß die Funktionsweise auch bei elektrooptischer Abstimmbarkeit nur innerhalb gewisser Grenzen für das Verhältnis von tatsächlicher Länge des Koppelberei-

ches L zur Überkoppellänge L_c des Lichtes gewährleistet ist. Daher ist die Herstellung von Richtkopplerbauelementen nur mit einer aufwendigen, sehr reproduzierbar arbeitenden Technologie möglich. Außerdem führt die im ersten Fall angegebene direkte Metallbeschichtung des Wellenleiters zu Zusatzverlusten. Die Arbeiten über Polarisationsweichen mit Wellenleiterkreuzungen besitzen den Mangel, daß sie rein passiv arbeiten, keine Abstimmöglichkeiten aufzeigen und zum Teil vielwellig betrieben werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine integriert-optische Polarisationsweiche anzugeben, die elektrisch abstimmbar ist, in Monomode-Systeme einzusetzen ist und die beim Stand der Technik angeführten Nachteile nicht besitzt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die integriert-optische Polarisationsweiche aus einem lateral zweimodigen Streifenwellenleiter besteht, an den auf jeder Seite jeweils zwei Monomode-Streifenwellenleiter angeschlossen werden.

Die Struktur der erfindungsgemäßen Polarisationsweiche ist in Fig. 1 dargestellt. Kernstück dieses Bauelementes ist der lateral zweimodige Streifenwellenleiter 11, dessen polarisationsabhängige Zwei-Moden-Interferenz (ZMI) zur Polarisationsselektion ausgenutzt wird. Die nahezu verlustlose Ankopplung der Monomode-Streifenwellenleiter 12 und 13 an den zweimodigen Streifenwellenleiter erfolgt mit Hilfe getaperter Richtkoppler, deren Wirkungsweise z. B. in der Arbeit: A. Neyer: Electron. Lett., vol. 19, (1983), Seiten 553—554 beschrieben ist.

Das Funktionsprinzip der hier angegebenen Polarisationsweiche beruht auf einer unterschiedlichen Differenz der Phasenkonstanten der Grundwelle (β_0) und des ersten lateralen Modus (β_1) des zweimodigen Streifenwellenleiters 11 für die TE- und TM-Wellen, d. h.

$$\Delta\beta^{TE} \neq \Delta\beta^{TM} \quad (1)$$

wobei $\Delta\beta = \beta_0 - \beta_1$ bedeutet. Die Ungleichheit (1) ist in nahezu allen Wellenleitern erfüllt. Sie mit Materialdoppelbrechung, Wellenleiterdoppelbrechung, Spannungsdoppelbrechung, etc. zu begründen.

Das ZMI-Modell liefert für den Fall der Ungleichheit (1) ein unterschiedliches Aufteilungsverhältnis der Lichtleistungen zwischen den beiden Ausgängen 3 und 4 für die beiden orthogonalen Polarisationen:

$$P_3/P_4^{TE} \tan^2 \left[\frac{1}{2} (\Delta\beta^{TE} L + \Phi_0^{TE}) \right] \quad (2)$$

$$P_3/P_4^{TM} \tan^2 \left[\frac{1}{2} (\Delta\beta^{TM} L + \Phi_0^{TM}) \right] \quad (3)$$

wobei L die Länge des zweimodigen Wellenleiters angibt und Φ_0 das Aufteilungsverhältnis für $L = 0$ bestimmt. Aus den Gleichungen (2) und (3) ergeben sich die Bedingungen für einen perfekten Polarisationssteiler

$$\Delta\beta^{TE} L + \Phi_0^{TE} = 2n\pi \quad n = 0, 1, 2 \quad (4)$$

und

$$\Delta\beta^{TM} L + \Phi_0^{TM} = (2m + 1)\pi \quad m = 0, 1, 2 \quad (5)$$

Diese Bedingungen müssen gleichzeitig erfüllt werden, wozu die Parameter $\Delta\beta^{TE}$, $\Delta\beta^{TM}$, L , Φ_0^{TM} und Φ_0^{TE} in geeigneter Weise eingestellt sein müssen. Da die Anpassung dieser fünf Größen allein durch den Herstellungsprozeß eine sehr genaue Kenntnis und Kontrolle der Technologieparameter verlangt, ist eine nachträglich durchführbare Abstimmung sehr wünschenswert. Diese nachträgliche Abstimmung kann sowohl passiv als auch aktiv erfolgen. In beiden Fällen ist das Prinzip die gezielte Veränderung von $\Delta\beta^{TE}$ und $\Delta\beta^{TM}$ in der Weise, daß die Bedingungen (4) und (5) erfüllt werden. Eine besonders wirkungsvolle Veränderung der $\Delta\beta$ -Werte ist dadurch möglich, daß die Ausbreitungskonstante eines Modus, z. B. des Grundmodus, durch eine entsprechende lokale Modifikation der effektiven Brechzahl verändert wird, wohingegen die Ausbreitungskonstante des ersten lateralen Modus nahezu unberührt bleibt. Die lokale Modifikation der effektiven Brechzahl kann zum einen durch geeignete passive Beschichtungen mit z. B. dielektrischen oder metallischen Materialien erfolgen und zum anderen durch materialspezifische Effekte wie z. B. den elektrooptischen oder thermooptischen Effekt aktiv erfolgen.

Die einfache Herstellung des Polarisationssteilers in den unterschiedlichsten Materialien (z. B. Glas, LiNbO₃, GaAs, InP, etc.) erlaubt die Realisierung zahlreicher neuartiger Ausbildungen der Erfindung, die in den Ansprüchen 1–9 beschrieben sind und in den Ausführungsbeispielen der Erfindung näher erläutert werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben:

Fig. 1 zeigt die integriert-optische Polarisationsweiche mit einem zweimodigen Streifenwellenleiter der Länge L und vier angeschlossenen Monomode-Streifenwellenleitern a) in der Funktion als polarisationsselektiver Abzweig, b) in der Funktion als polarisationsselektive Zusammenführung;

Fig. 2 zeigt zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung, wobei der zweimodige Streifenwellenleiter a) eine größere Breite w_2 bzw. b) eine größere Brechzahländerung Δn_2 als die der Monomode-Wellenleiter aufweist;

Fig. 3 zeigt eine Polarisationsweiche, bei der zur Abstimmung des Aufteilungsverhältnisses zwei streifenförmige Bereiche 31 und 32 hergestellt werden. Diese beiden Bereiche verändern in unterschiedlicher Weise die effektiven Brechzahlen der TE - und TM -Wellen. Diese Bereiche sind so angeordnet, daß die Differenz der effektiven Indizes zwischen der Grundwelle und dem ersten lateralen Modus möglichst groß wird;

Fig. 4a zeigt eine Elektrodenkonfiguration, mit der die angegebene Polarisationsweiche elektrooptisch abgestimmt werden kann. Dabei nutzt das Elektrodenpaar 41 die horizontale und die Drei-Elektrodenstruktur 42 die vertikale elektrische Feldkomponente aus. Entscheidend ist, daß einer der beiden Elektrodenansätze 41 oder 42 maßgeblich nur eine Polarisationsrichtung beeinflusst. Als Ausführungsbeispiel sei eine Polarisationsweiche in Z-Schnitt LiNbO₃ mit Lichtausbreitung in X-Richtung genannt, bei der über das Elektrodenpaar 41 mit Hilfe des elektrooptischen Koeffizienten r_{22} nahezu ausschließlich die TE -Mode beeinflusst wird, während die Elektrodenstruktur 42 über die Koeffizienten r_{33} und r_{13} auf beide Polarisationsanteile wirkt. Die elektrooptische Abstimmung wird in der Weise durchgeführt, daß mit der Struktur 42 das TM -Licht in einen Ausgangsarm und nachfolgend das TE -Licht mit Hilfe der Struktur 41 in den komplementären Ausgangsarm

gelenkt wird;

Fig. 4b zeigt die Anwendung der elektrooptisch abstimmbaren Polarisationsweiche als polarisationsunabhängigen Schalter. Für diese Anwendung wird mit Hilfe der beiden Elektrodenansätze 41 und 42 das Licht beider Polarisationen in einen gemeinsamen Ausgangsarm gelenkt. Das Umschalten erfolgt durch die Veränderung der Spannungen U_1 und U_2 an den beiden Elektrodenansätzen in der Weise, daß beide Polarisationsanteile gemeinsam in den komplementären Ausgangsarm geführt werden.

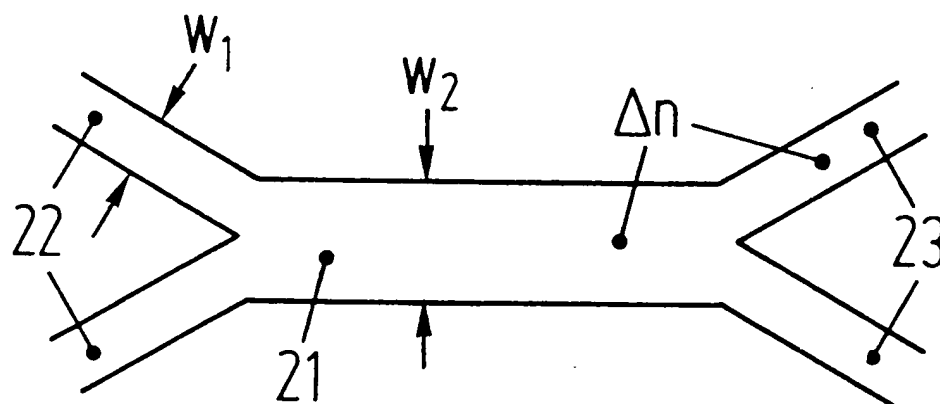
Patentansprüche

1. Polarisationsweiche, gekennzeichnet durch einen lateral zweimodigen Streifenwellenleiter, an den auf jeder Seite zwei Monomode-Streifenwellenleiter angeschlossen sind.
2. Polarisationsweiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweimodige Streifenwellenleiter nahezu die gleiche maximale Brechzahlserhöhung wie die der Monomode-Streifenwellenleiter aufweist, jedoch eine größere Breite als diese besitzt.
3. Polarisationsweiche nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der zweimodige Streifenwellenleiter nahezu die gleiche Breite wie die der Monomode-Streifenwellenleiter aufweist, jedoch eine größere Brechzahlserhöhung als diese besitzt.
4. Polarisationsweiche nach Anspruch 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, daß das hergestellte Brechzahlprofil nachträglich im Bereich des zweimodigen Streifenwellenleiters in zwei Abschnitten streifenförmig verändert wird, wobei die in den beiden Abschnitten hervorgerufenen Brechzahlprofiländerungen in unterschiedlicher Weise auf die beiden Polarisationsrichtungen wirken.
5. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das geänderte Brechzahlprofil permanent ist.
6. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Einrichtungen, die die streifenförmigen Brechzahländerungen thermooptisch erzeugen.
7. Polarisationsweiche nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch Einrichtungen, die die streifenförmigen Brechzahländerungen elektrooptisch erzeugen.
8. Verwendung der Polarisationsweiche nach einem der Ansprüche 2–7 als polarisationsselektiver Abzweig oder als polarisationsselektive Zusammenführung oder als schaltbarer polarisationsselektiver Abzweig oder als polarisationsselektiver Umschalter.
9. Verwendung der Polarisationsweiche nach einem der Ansprüche 6 und 7 als polarisationsunabhängiger Schalter, wobei das Licht beider Polarisationsrichtungen in einen gemeinsamen Ausgangsarm gelenkt wird und zwischen den beiden Ausgangsarmen umgeschaltet werden kann.

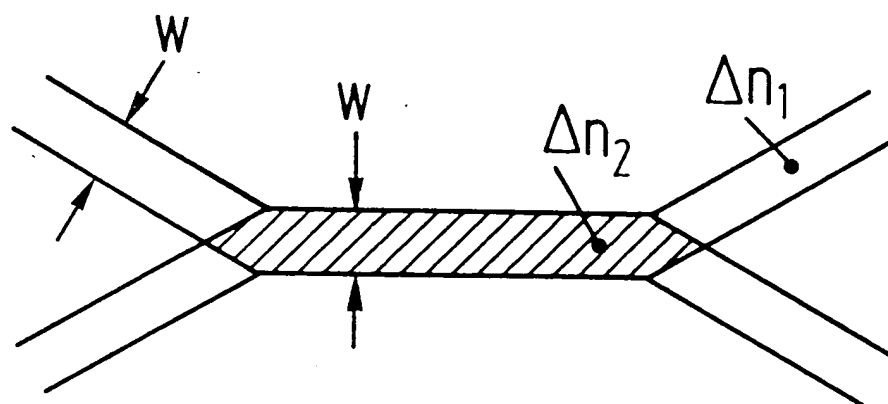
3801272

10

Fig. 2



a)



b)

Fig. 3

3801272

11*

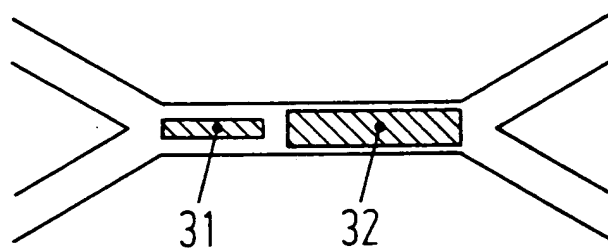


Fig. 4

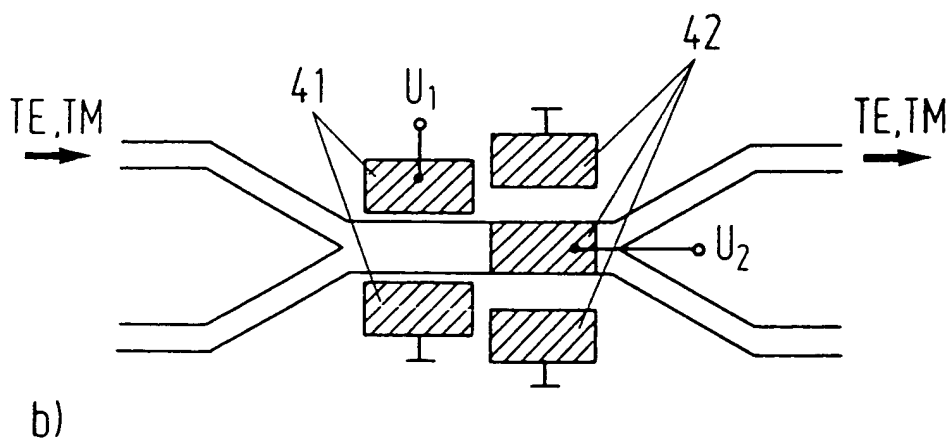
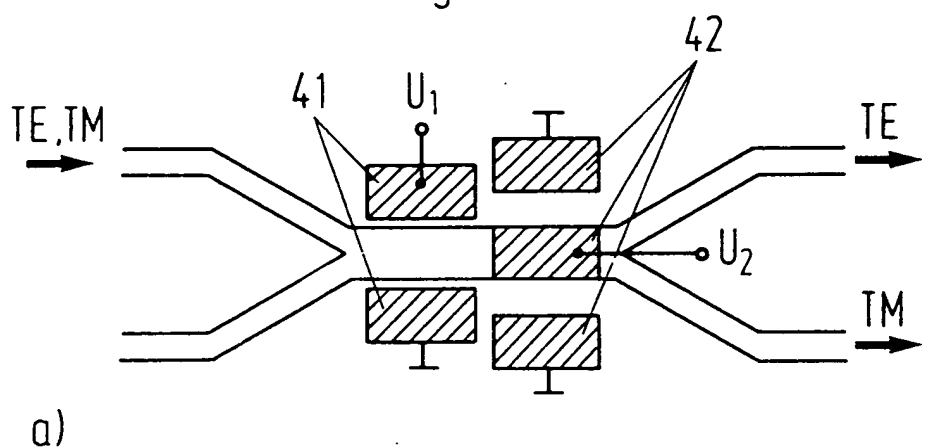


Fig. 1

